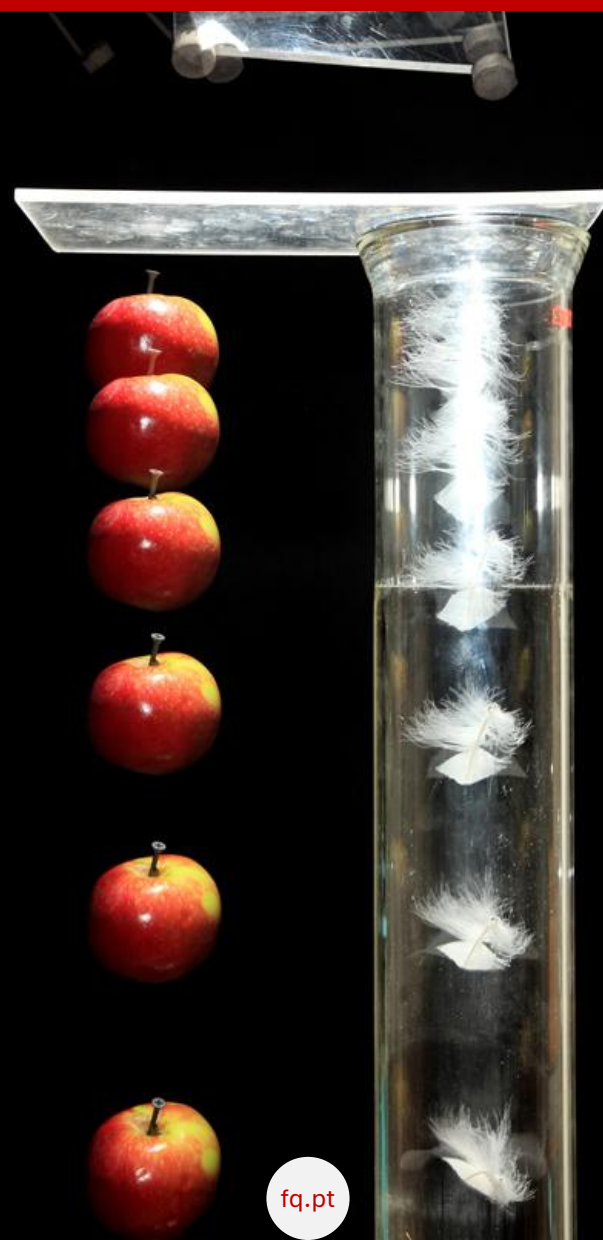


# Movimentos retilíneos



## Essencial

- Interpretar, e caracterizar, movimentos retilíneos (uniformes, uniformemente variados ~~e variados~~) e circulares ~~uniformes~~, tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.
- Resolver problemas de movimentos retilíneos (queda livre, plano inclinado ~~e queda com efeito de resistência do ar não desprezável~~) e circular ~~uniforme~~, aplicando abordagens analíticas e gráficas, mobilizando as Leis de Newton, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.

## Palavras-chave

- Equação das posições / Lei do movimento.
- Equação das velocidades.
- Queda livre.



## Equação das posições / Lei do movimento

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

onde:

$x(t)$  – posição do corpo no instante  $t$  (m);

$x_0$  – posição inicial do corpo (m);

$v_0$  – velocidade inicial do corpo (m s<sup>-1</sup>);

$a$  – aceleração a que o corpo está sujeito (m s<sup>-2</sup>).

Pode ser aplicada a qualquer eixo:

$$x(t) = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$z(t) = z_0 + v_{0z} t + \frac{1}{2} a_z t^2$$

## Equação das velocidades

$$v(t) = v_0 + a t$$

onde:

$v(t)$  – velocidade do corpo no instante  $t$  (m s<sup>-1</sup>);

$v_0$  – velocidade inicial do corpo (m s<sup>-1</sup>);

$a$  – aceleração a que o corpo está sujeito (m s<sup>-2</sup>).

Pode ser aplicada a qualquer eixo:

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t$$

$$v_y(t) = v_{0y} + a_y t$$

$$v_z(t) = v_{0z} + a_z t$$

## Movimentos ascendentes e descendentes

Dependendo do **sentido inicialmente definido como positivo**, para um determinado referencial, o **sentido** da **aceleração, velocidade** e **valores de posição** terão que estar de **acordo com essa definição** inicial.

As expressões serão do género:

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g t$$

## Queda livre

A **queda livre** é um movimento devido **apenas** à **interação gravítica**.

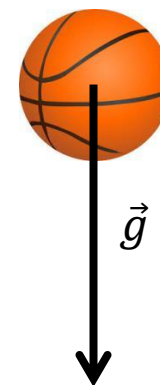
**A resistência do ar é desprezada!**

Se não for possível considerar a resistência do ar como desprezável, não se considera o movimento como queda livre.

Galileu Galilei verificou que **a aceleração de queda dos corpos é igual para todos** (considerando a resistência do ar desprezável).

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

O **sentido do vetor aceleração gravítica,  $\vec{g}$** , é sempre do centro do corpo para o centro da Terra.



Galileu Galilei (1564-1642).

## Queda livre

Vetores **velocidade** e **aceleração** com o **mesmo sentido**!

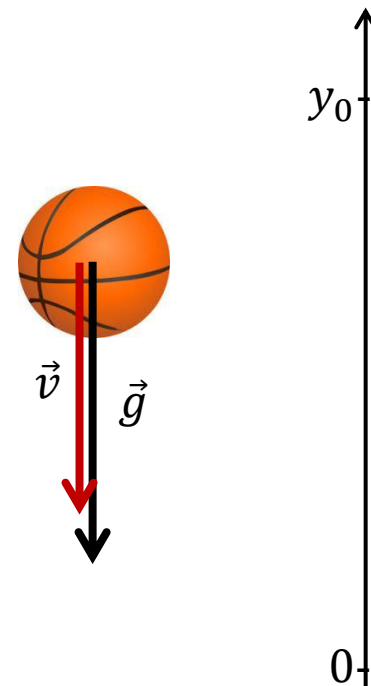
O corpo está animado de um **MRUA**!

[[APOLLO 15 Hammer and Feather](#)]

[[Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber](#)]

[[Free Fall Air Resistance Model](#)]

[[Accelerated movement](#)]

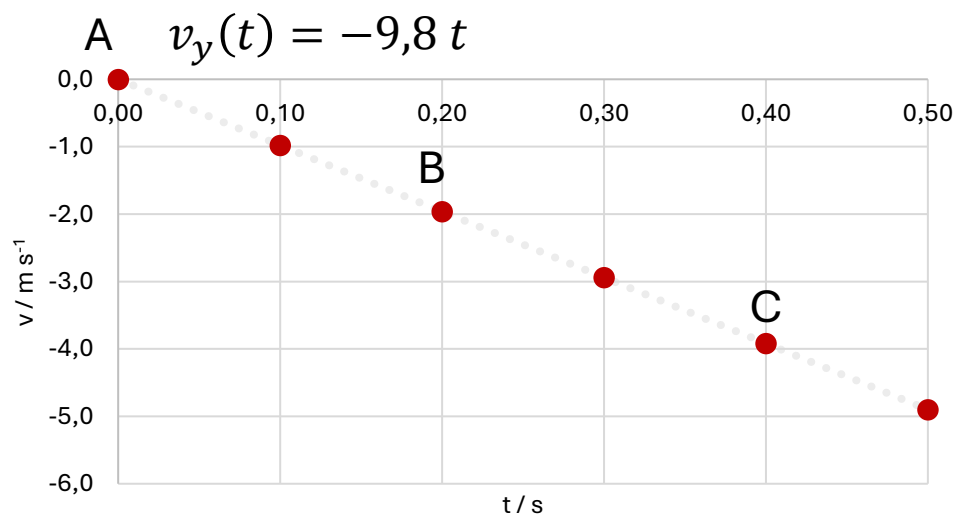
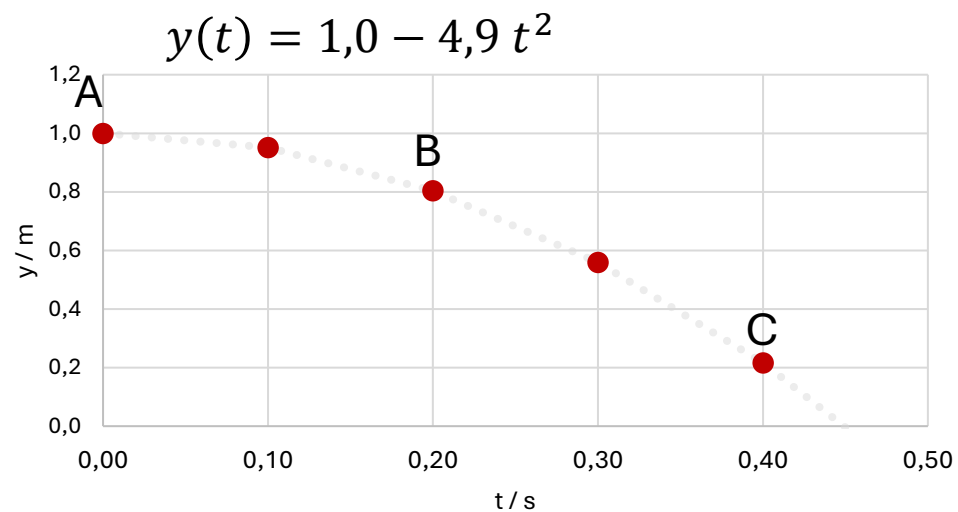


# Queda livre

## Exemplo

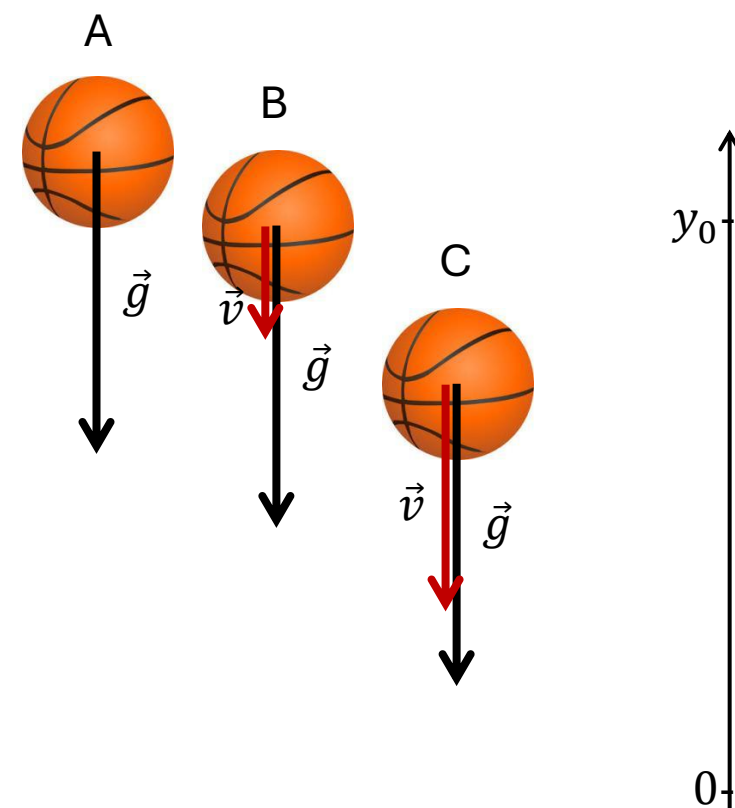
Condições iniciais

$$y_0 = 1,0 \text{ m}$$
$$v_0 = 0,0 \text{ m s}^{-1}$$
$$g = -9,8 \text{ m s}^{-2}$$



$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g t$$



## Queda livre

### Tempo de queda

Corresponde ao momento em que o corpo atinge o chão:

$$y(t_{\text{queda}}) = 0$$

A expressão geral é:

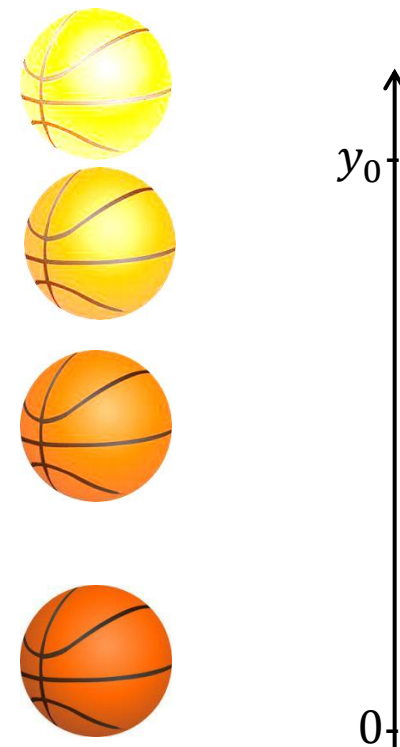
$$y_f = y_i + \frac{1}{2} g t_{\text{queda}}^2$$

$$t_{\text{queda}} = \sqrt{\frac{2 \Delta y}{g}}$$

**Não depende da massa nem da forma do objeto!**

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g t$$



## Queda livre

### Velocidade de chegada ao solo

Corresponde à velocidade do corpo no instante em que atinge o solo!

No caso da queda livre é no instante (já calculado)

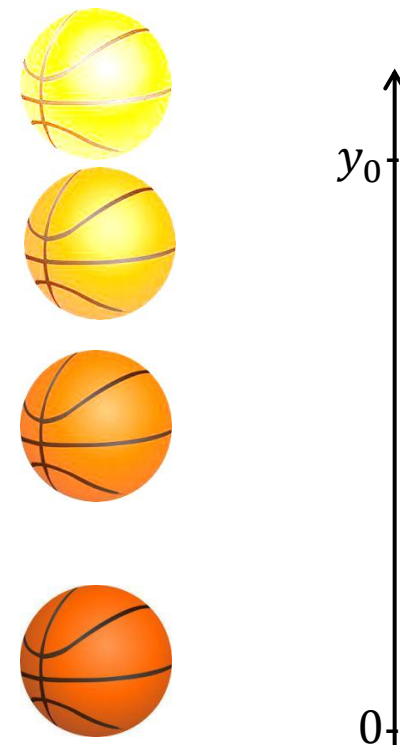
$$t = \sqrt{\frac{2 \Delta y}{g}}$$

Pelo que a velocidade de chegada ao solo é

$$v_y(t) = g \sqrt{\frac{2 \Delta y}{g}}$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g t$$



# Queda livre

## Exemplo

Condições iniciais

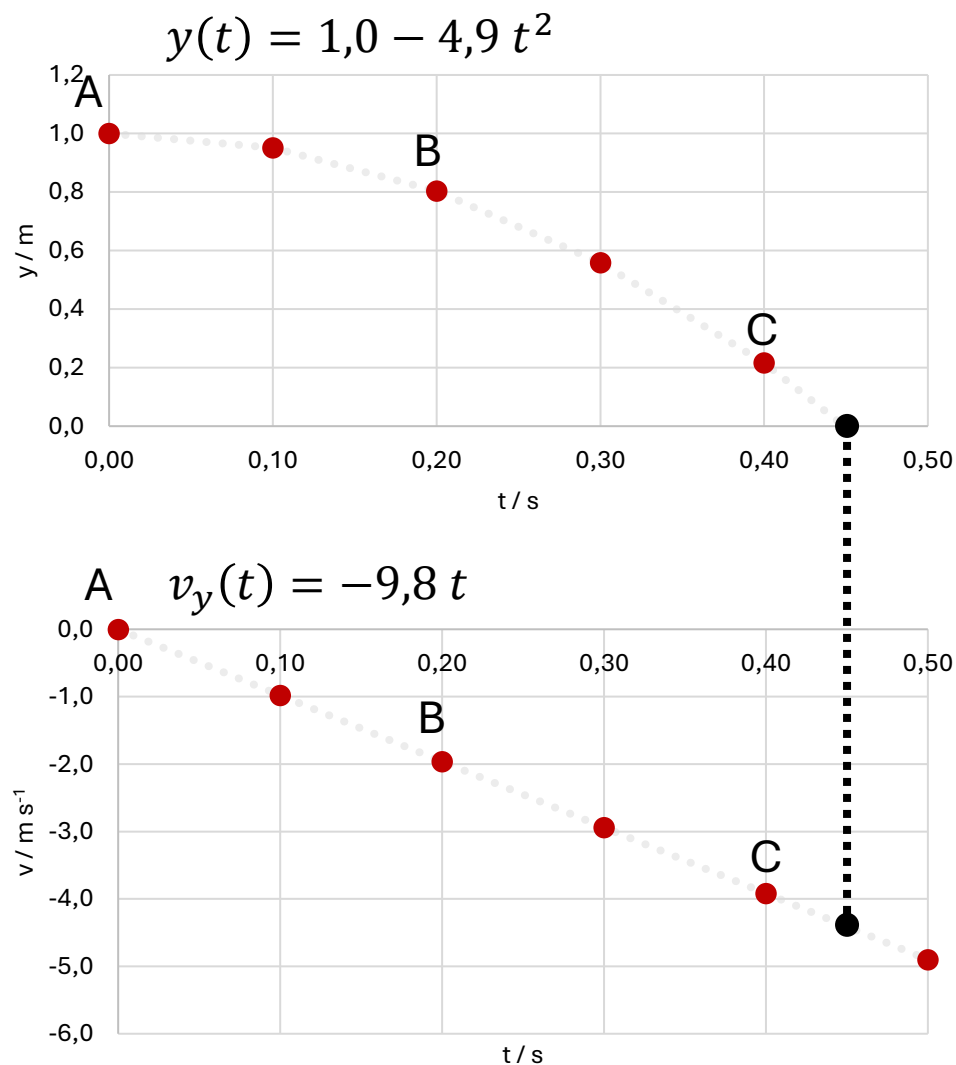
$$y_0 = 1,0 \text{ m}$$
$$v_0 = 0,0 \text{ m s}^{-1}$$
$$g = -9,8 \text{ m s}^{-2}$$

Tempo de queda

$$t = 0,45 \text{ s}$$

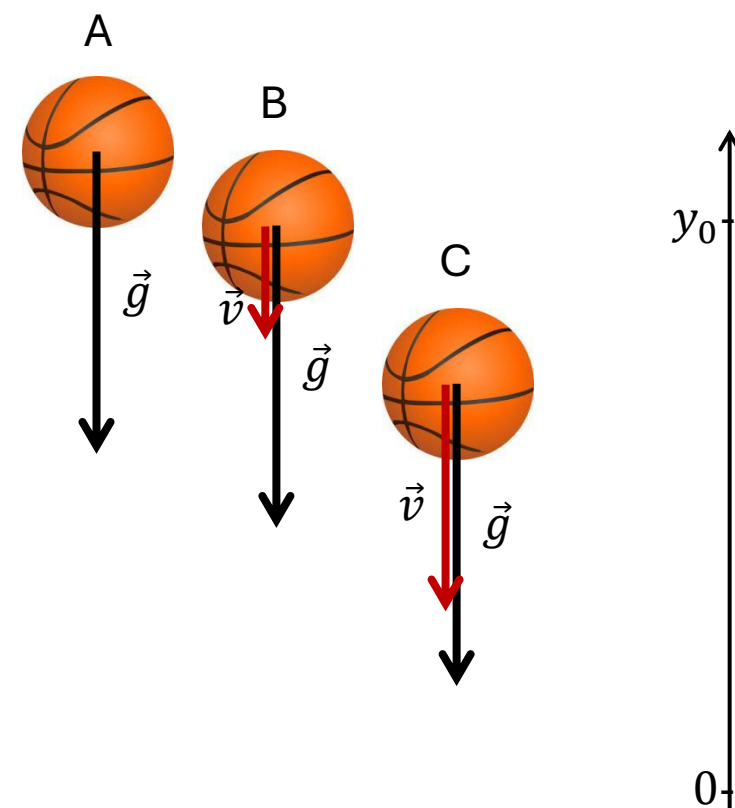
Velocidade de queda

$$v_y(0,45) = -4,43 \text{ m s}^{-1}$$



$$t = \sqrt{\frac{2 \Delta y}{g}}$$

$$v_y(t) = g \sqrt{\frac{2 \Delta y}{g}}$$



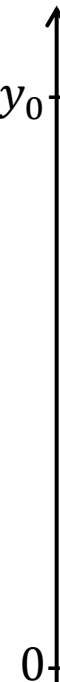
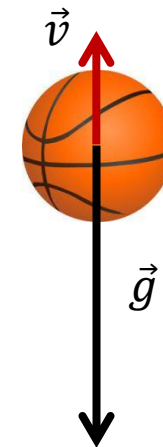
## Lançamento vertical para cima

Os vetores **aceleração** e **velocidade** têm **sentidos opostos**!

O corpo está animado de um **MRUR**!

O módulo da velocidade vai diminuir...

...até que atinja o valor zero, ocorrendo depois uma queda livre (situação anterior)!



## Lançamento vertical para cima

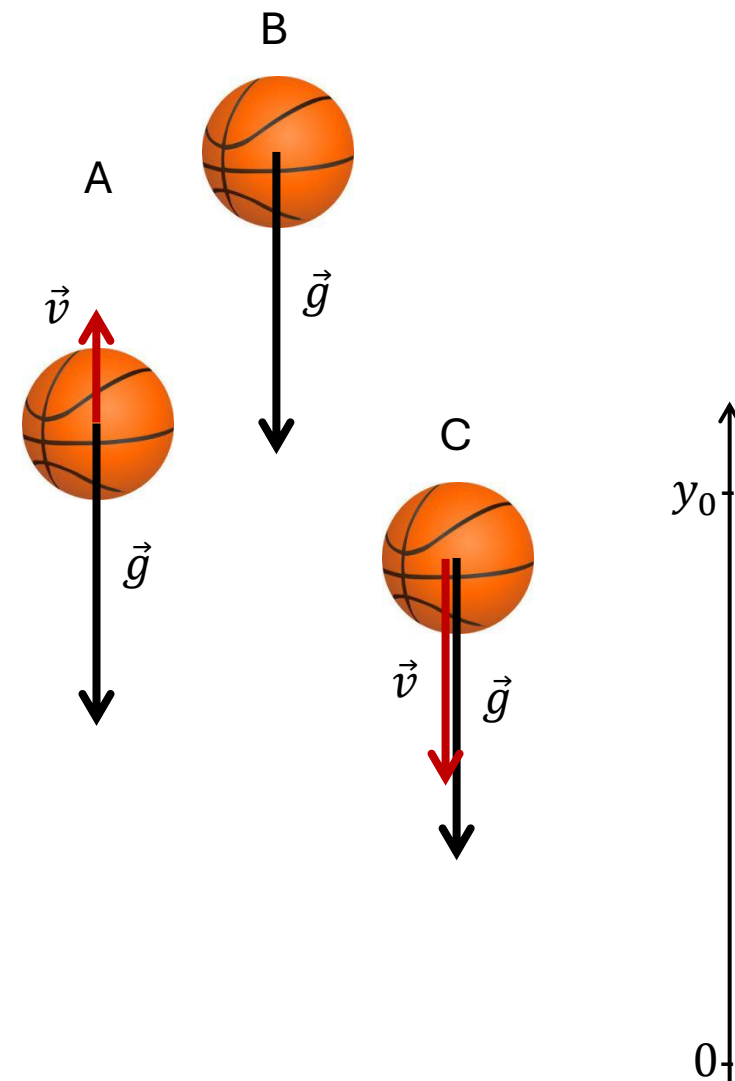
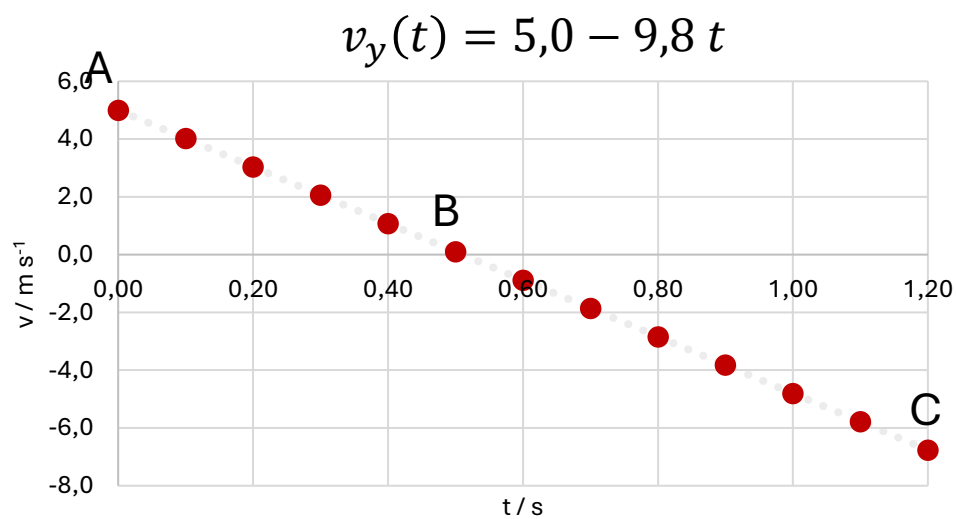
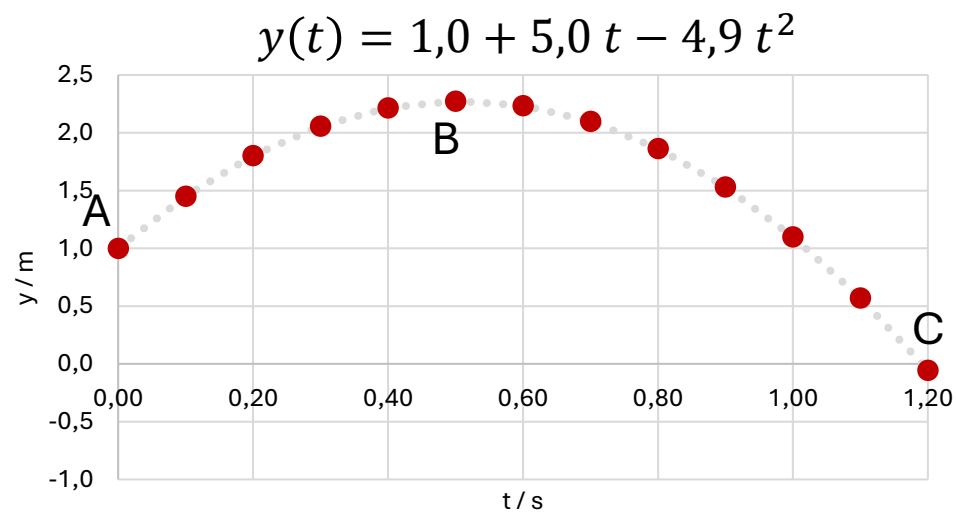
### Exemplo

Condições iniciais

$$y_0 = 1,0 \text{ m}$$

$$v_0 = 5,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$g = -9,8 \text{ m s}^{-2}$$



## Lançamento vertical para cima

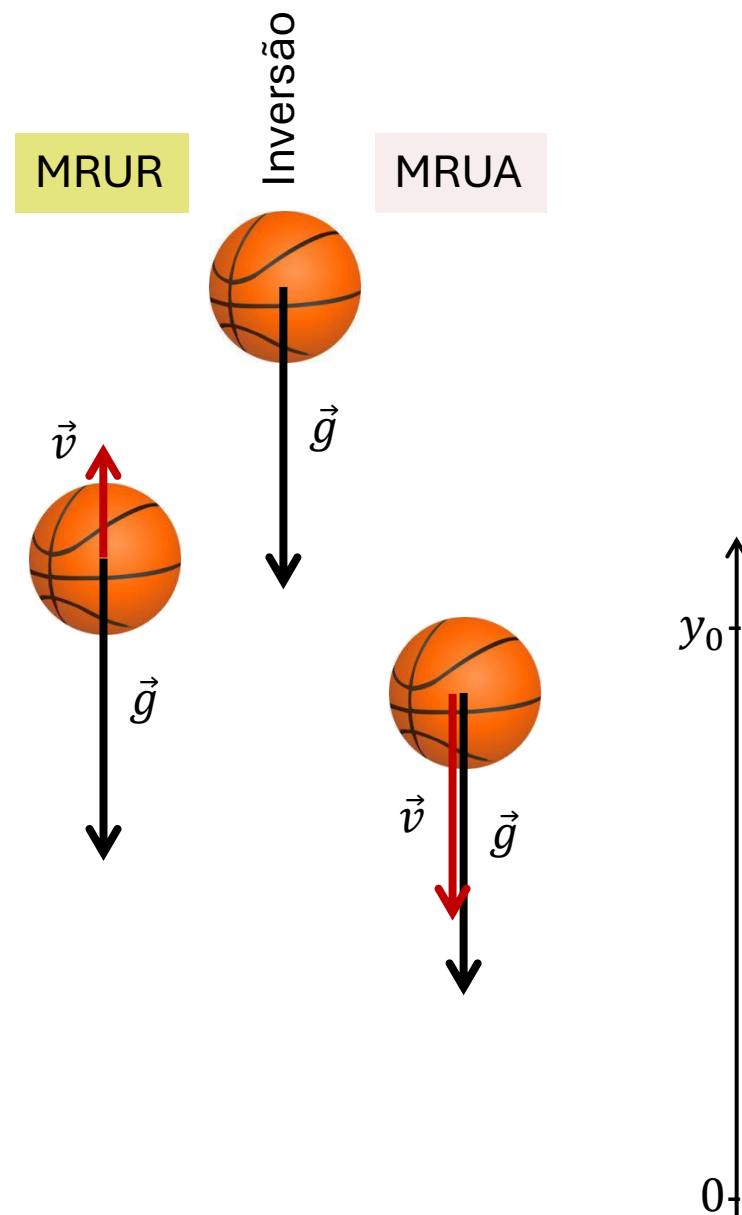
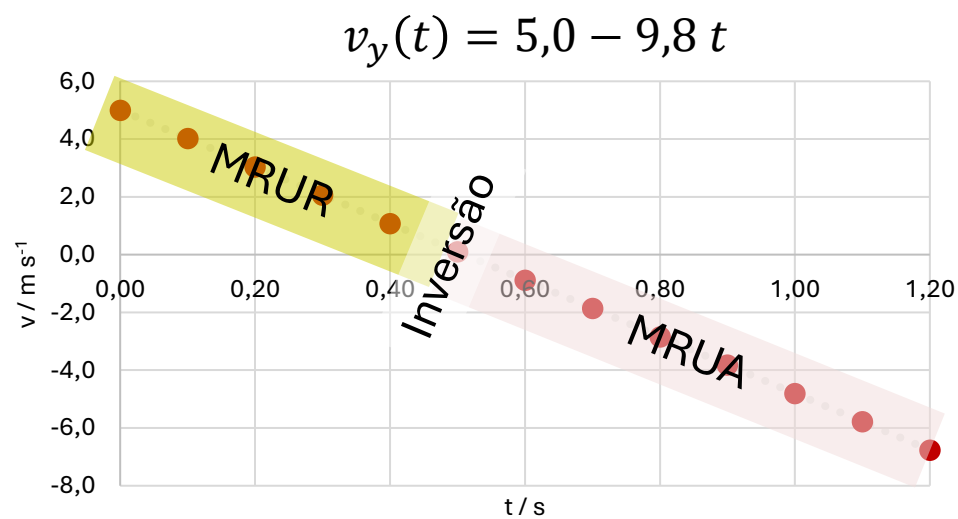
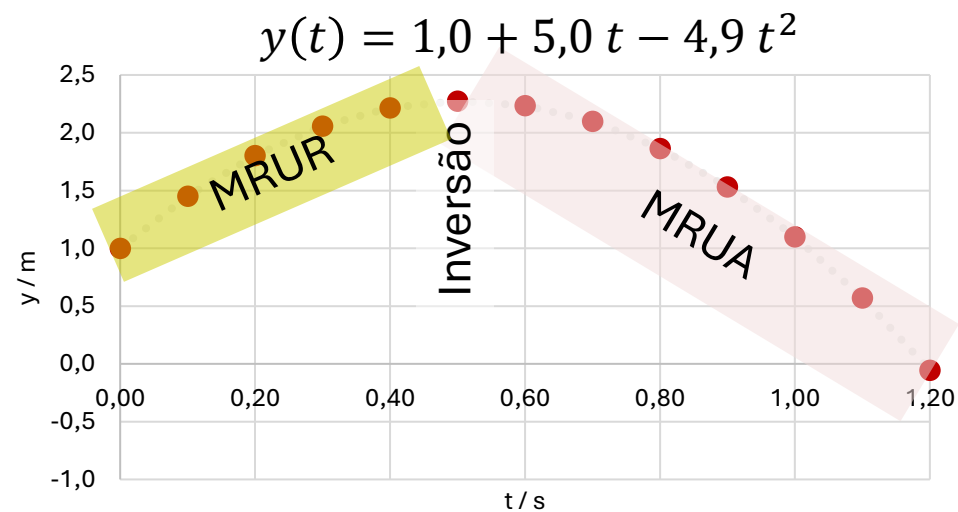
### Exemplo

Condições iniciais

$$y_0 = 1,0 \text{ m}$$

$$v_0 = 5,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$g = -9,8 \text{ m s}^{-2}$$



## Lançamento vertical para cima

### Instante em que se atinge a altura máxima

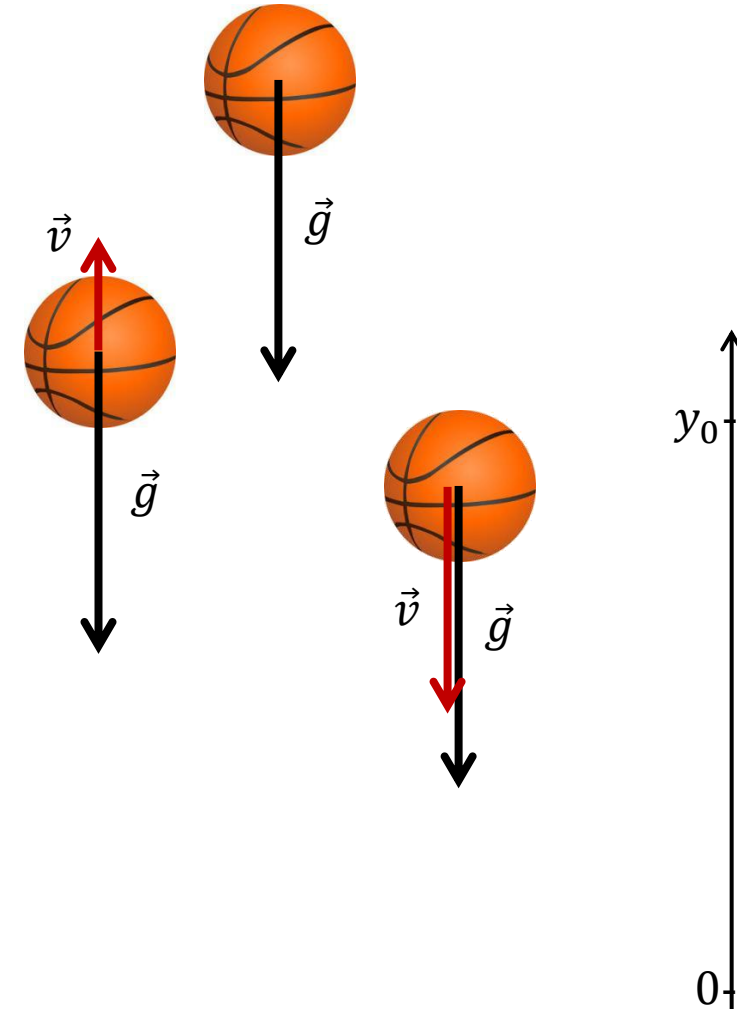
Corresponde ao instante em que a velocidade é zero!

[no exemplo dado  $v$  é positiva e  $a (=g)$  é negativa]

$$0 = v_{0y} - g t$$

$$t = \frac{v_{0y}}{g}$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g t$$



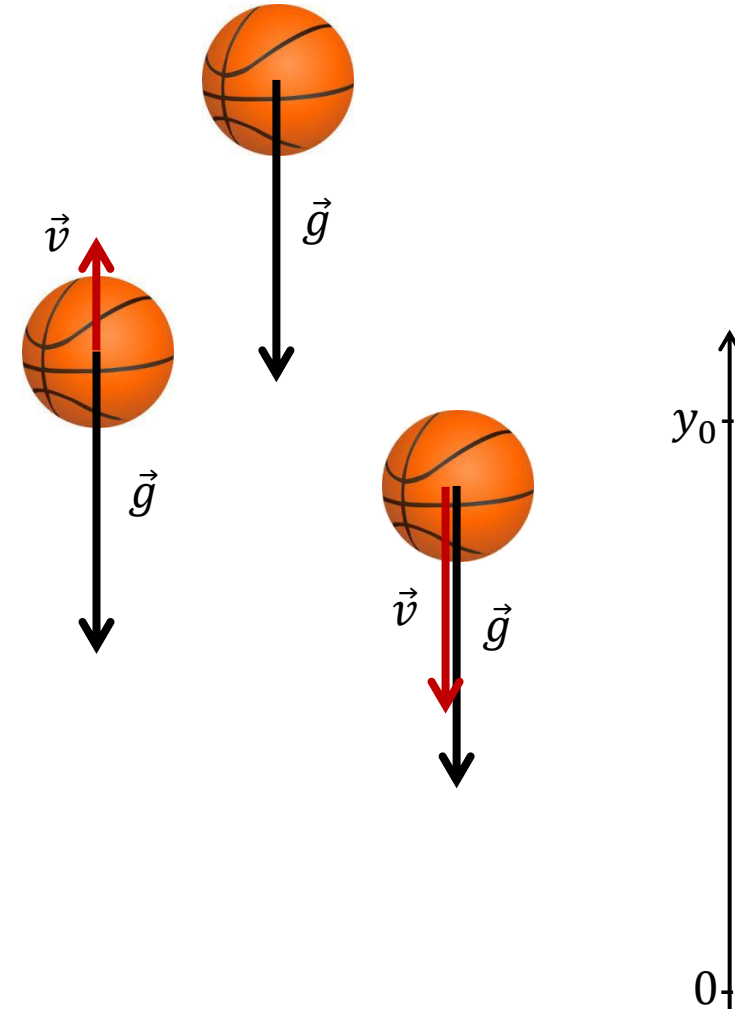
## Lançamento vertical para cima

### Altura máxima

Corresponde à coordenada no instante em que a velocidade é zero!

$$t = \frac{v_{0y}}{g}$$

$$y\left(\frac{v_{0y}}{g}\right) = y_0 + v_{0y} \left(\frac{v_{0y}}{g}\right) + \frac{1}{2} g \left(\frac{v_{0y}}{g}\right)^2$$



## Lançamento vertical para cima

### Exemplo

Condições iniciais

$$y_0 = 1,0 \text{ m}$$

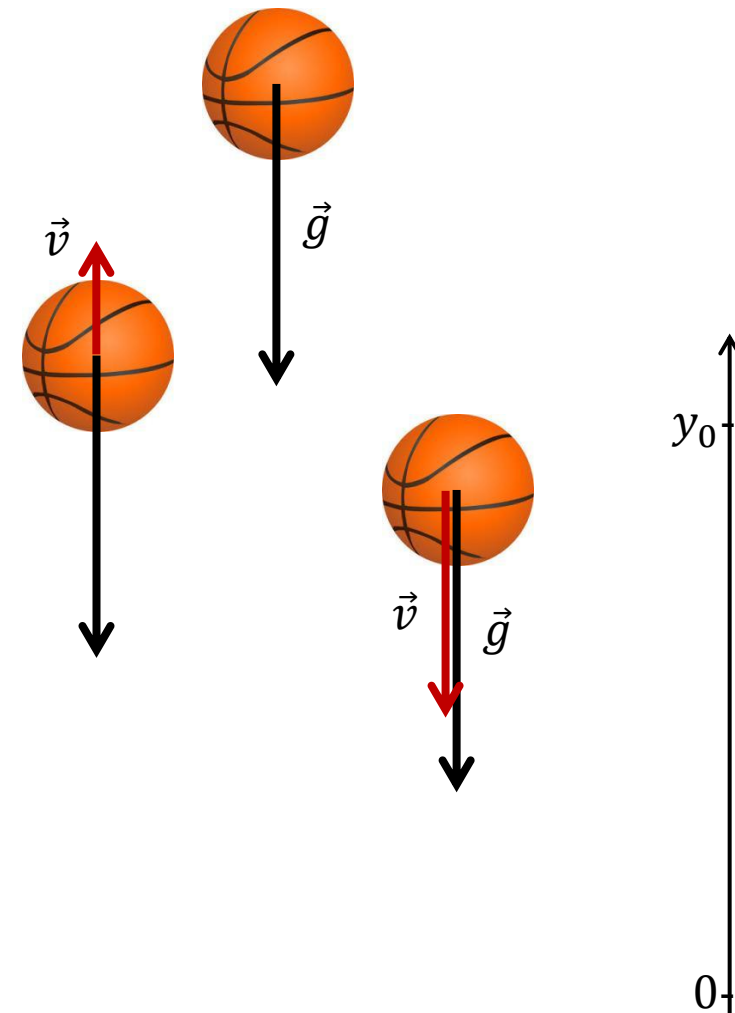
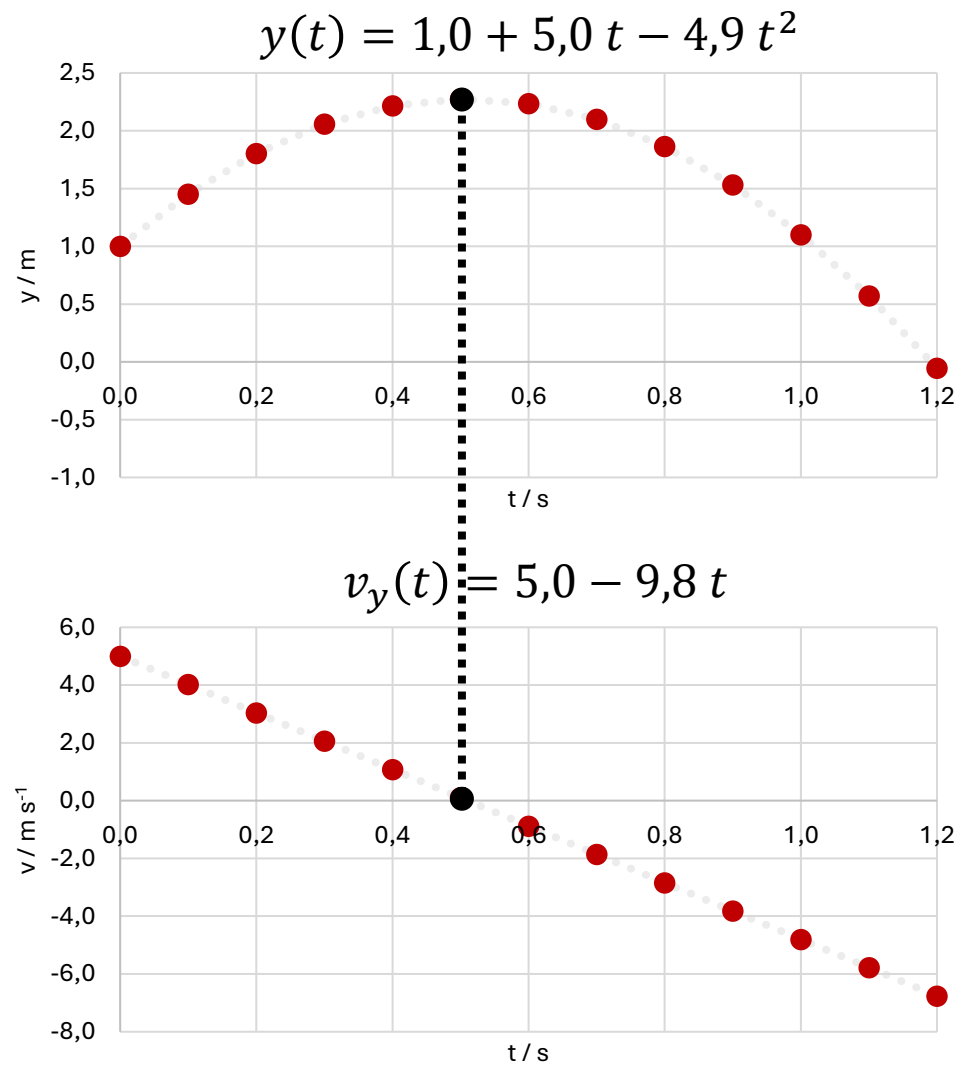
$$v_0 = 5,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$g = -9,8 \text{ m s}^{-2}$$

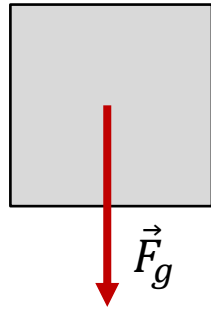
Altura máxima

$$t = \frac{v_{0y}}{g} = 0,51 \text{ s}$$

$$y\left(\frac{v_{0y}}{g}\right) = 2,27 \text{ m}$$



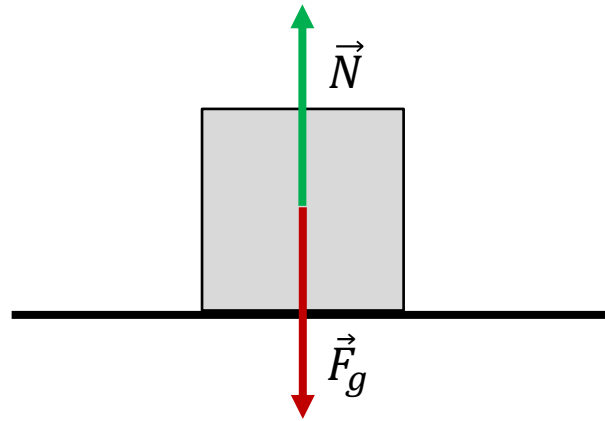
### Aceleração em queda livre



$$\vec{F}_g = m \vec{g}$$

$$\vec{a} = \vec{g}$$

### Aceleração num plano horizontal

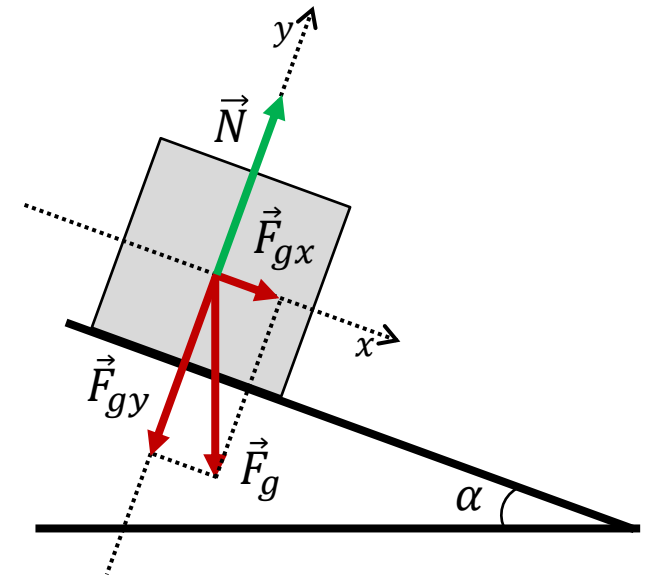


$$\vec{F}_g = m \vec{g}$$

$$\vec{F}_R = \vec{N} + \vec{F}_g = 0$$

$$\vec{a} = 0$$

### Aceleração num plano inclinado



$$\vec{F}_g = m \vec{g}$$

$$F_{gx} = m g \sin \alpha \quad ; \quad F_{gy} = m g \cos \alpha$$

$$\vec{F}_{Ry} = \vec{F}_{gy} + \vec{N} = 0$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{Rx} = \vec{F}_{gx} = m \vec{a}_x$$

$$a_y = 0 \quad \text{e} \quad a_x = g \sin \alpha$$

---

### Essencial

- Interpretar, e caracterizar, movimentos retilíneos (uniformes, uniformemente variados ~~e variados~~) e circulares uniformes, tendo em conta a resultante das forças e as condições iniciais.
  - Resolver problemas de movimentos retilíneos (queda livre, plano inclinado ~~e queda com efeito de resistência do ar não desprezável~~) e circular uniforme, aplicando abordagens analíticas e gráficas, mobilizando as Leis de Newton, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
- 

### Palavras-chave

- Equação das posições / Lei do movimento.
  - Equação das velocidades.
  - Queda livre.
- 

### Formulário

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v(t) = v_0 + a t$$

---

### Bibliografia

- “Aprendizagens Essenciais – Física e Química A – 11º ano”, Ministério da Educação, 2018.
  - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, “Física 11 A”, Areal Editores, Porto, 2016.
  - M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Escolar Editora, 2012, Lisboa.
  - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, “Rumo à Física – 11º Ano”, Areal Editores, Porto, 2022.
  - G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, “11F”, Texto Editores, Lisboa, 2022.
- 

### Ligações

- [APOLLO 15 Hammer and Feather](#), 01/11/2017.
- [Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber](#), 01/11/2017.
- [Free Fall Air Resistance Model](#), 01/11/2017.
- [Accelerated movement](#), 01/11/2017.